リスクマネジメント最前線

2015 | No.2

インドにおける大気汚染問題と企業に求められる対策

インドの多くの都市においては、粒子状物質（PM2.5、PM10[1]等）による大気汚染が世界的にみて最も深刻なレベルにあり、世界保健機関（以下、WHO）が 2014 年 5 月 7 日に発表した 91 の国・地域の 1,600 都市を対象にした大気汚染調査においても、PM2.5 による汚染が最も深刻な 20 都市のうち、13 都市をインド各都市が占めた。

同国では、特に雨期が終わり気温が低下する 10 月以降に、大気汚染が顕著となる傾向にあり、2015 年 1 月 13 日現在も、デリー（Delhi）首都圏内の複数の観測地点における PM2.5 および PM10 の濃度は、同国基準値を大幅に上回っている。

企業としては、同国における大気汚染の状況について正確な情報を把握し、駐在員・帯同家族・出張者・現地従業員に対して、汚染状況に応じ外出を控える、マスクを着用する等の対策を指示する必要がある。

1．インドにおける大気汚染状況

（１） インド各地における大気汚染状況

WHO は 2014 年 5 月 7 日、91 の国・地域の 1,600 都市を対象にした粒子状物質（PM2.5、PM10）の測定値に基づく大気汚染状況の調査結果を発表した。このうち、PM2.5 の年平均濃度の比較では、全都市中上位 4 位までを、デリー・東部ビハール（Bihar）州パトナ（Patna）・中部マディヤプラデシュ（Madhya Pradesh）州グワリオール（Gwalior）・同チャッティスガル（Chhattisgarh）州ライプール（Raipur）のインドの各都市が独占し、最も大気汚染が進行している 20 都市のうち 13 都市をインドの各都市が占めた。表 1 は、このインドの 13 都市の状況を示したものである。

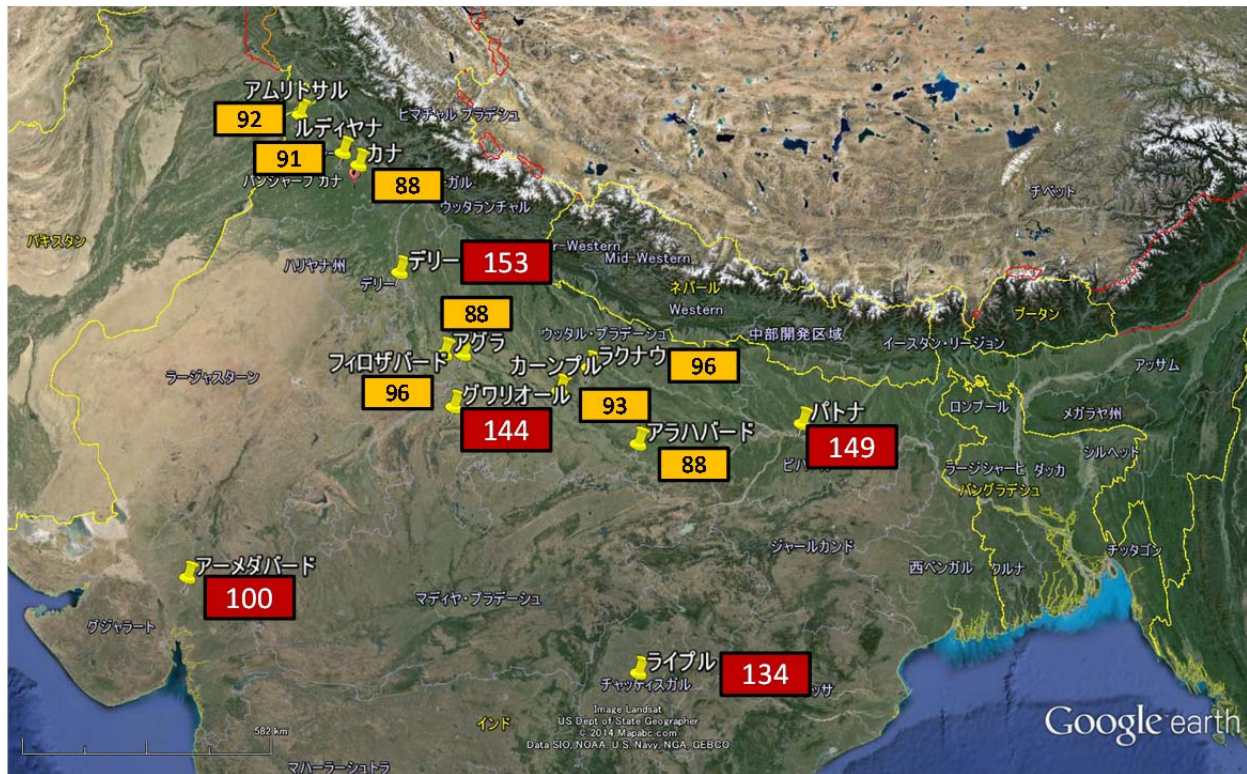
[1] 粒子状物質（Particulate Matter：PM）のうち特に微小なもので、PM2.5 は直径が 2.5μm 以下、PM10 は直径が 10μm 以下のものを指す。

■表１　インドにおける大気汚染が最も深刻な都市（単位：μg/m³、年平均値）

順位	州	都市名	PM2.5	PM2.5測定年	PM10	PM10測定年
1	ー	デリー首都圏	153	2013	286	2010
2	ビハール州	パトナ	149	2013	164	2011
3	マディヤプラデシュ州	グワリオール	144	ー	329	2012
4	チャッティスガル州	ライプル	134	ー	305	2012
5	グジャラート（Gujarat）州	アーメダバード（Ahmedabad）	100	2013	67	2011
6	ウッタルプラデシュ（Uttar Pradesh）州	ラクナウ（Lucknow）	96	ー	219	2010
6	ウッタルプラデシュ州	フィロザバード（Firozabad）	96	ー	219	2010
8	ウッタルプラデシュ州	カーンプル（Kanpur）	93	ー	212	2010
9	パンジャーブ（Punjab）州	アムリトサル（Amritsar）	92	ー	210	2012
10	パンジャーブ州	ルディヤナ（Ludhiana）	91	ー	207	2012
11	ウッタルプラデシュ州	アグラ（Agura）	88	ー	200	2010
11	ウッタルプラデシュ州	アラハバード（Allahabad）	88	ー	202	2010
11	パンジャーブ州	カナ（Khanna）	88	ー	200	2012

出典：WHO “Ambient air pollution in cities database 2014”より弊社作成

■図１　インドにおける大気汚染が最も深刻な都市の分布と PM2.5 測定値

（単位：μg/m³、年平均値）

※表１の都市名と PM2.5 測定値を、地図上に配置したもの。
出典：WHO “Ambient air pollution in cities database 2014”より弊社作成

なお、各国が設定している PM2.5 、PM10 に関する環境基準は表 2 のとおりであり、前掲の表 1 の各都市ではいずれもインドの環境基準を大幅に超過している。

■表 2　PM2.5、PM10 に関する各国の環境基準と WHO 指針

汚染物質		年平均値	1 日平均値
PM2.5	インド	40 μg/m³	60 μg/m³
	日本	15 μg/m³	35 μg/m³
	米国	12 μg/m³	35 μg/m³
	WHO 指針	10 μg/m³	25 μg/m³
PM10	インド	60 μg/m³	100 μg/m³
	日本	―	(SPM[2]) 100 μg/m³
	米国	―	150 μg/m³
	WHO 指針	20 μg/m³	50 μg/m³

出典：” National Ambient Air Quality Standards（NAAQS）2009”および外務省資料もとに弊社作成

前述した WHO 調査の対象となった 91 の国・地域のうち、在留邦人数または日系企業数が一定数以上[3]の 38 カ国を抽出し、比較対象として日本を加えた 39 カ国における PM2.5 の年平均濃度が最も高い都市の数値を比較したものが図 2 である。WHO 指針における PM2.5 の環境基準値：10μg/㎥と比較すると、39 カ国中、オーストラリアを除く 38 カ国がいずれも基準値を超えており、中でもインド（デリー首都圏）では WHO 基準値の 15 倍を記録している。

[2] 大気中に浮遊する粒子状物質のうち、粒径が 10μm 以下のものを浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter：SPM）という。ここでは PM10 と類似の概念として扱っているが、厳密には PM10 と異なる。
[3] 外務省「海外在留邦人数調査統計」（平成 26 年要約版）より「長期滞在者－民間企業関係者－本人」が 500 人以上、または「日系企業拠点数」が 100 以上の国・地域を抽出した。

■図 2　各国の PM2.5 年平均濃度が最も高い都市の濃度比較（単位：μg/m³、年平均値）

WHO指針（年平均）：10μg/㎥

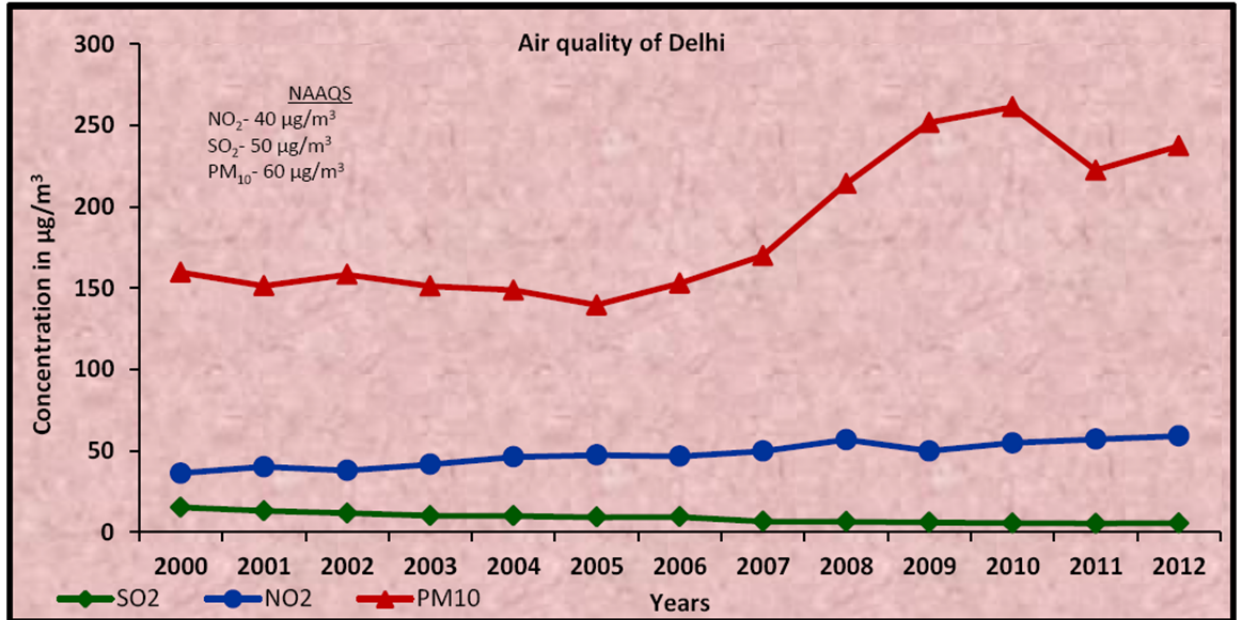
地域	都市	濃度
アジア・大洋州	インド（デリー首都圏）	153
	バングラデシュ（ナラヤンガンジ）	89
	モンゴル（ダルハン）	80
	中国（蘭州）	71
	フィリピン（バギオ）	49
	ベトナム（ハノイ）	39
	タイ（チェンライ）	37
	韓国（清州市）	30
	ミャンマー（マンダレー）	30
	インドネシア（ジャカルタ）	21
	シンガポール	17
	マレーシア（プタリン・ジャヤ）	17
	日本（埼玉県さいたま市）	14
	ニュージーランド（ティマル）	13
	オーストラリア（バッセルトン）	9
米州	米国（カリフォルニア州フレズノ）	45
	カナダ（レッドディア）	14
	メキシコ（モンテレイ）	36
	ブラジル（サンタ・ジェルトゥルーデス）	44
西欧	イタリア（モンツァ）	39
	フランス（ドゥエ）	26
	オーストリア（グラーツ）	23
	ベルギー（ヘント）	21
	ドイツ（ベルリン）	20
	スペイン（ラ・リネア・デ・ラ・コンセプシオン）	18
	スイス（ジュネーブ）	18
	オランダ（スキーダム）	18
	英国（サロック）	18
	スウェーデン（マルメ）	16
東欧・ロシア	ポーランド（ソスノヴィエツ）	43
	チェコ（カルヴィナー）	33
	ハンガリー（ブダペスト）	27
	ルーマニア（トゥルグ・ムレシュ）	25
	ロシア（モスクワ）	22
中東・アフリカ	カタール（ドーハ）	93
	トルコ（ウードゥル）	90
	アラブ首長国連邦（アル・ガルビア）	64
	サウジアラビア（ジェッダ）	28
	南アフリカ共和国（ヨハネスブルク）	51

出典：WHO “Ambient air pollution in cities database 2014”をもとに弊社作成

インドの環境・森林省 中央環境汚染管理局（The Central Pollution Control Board：CPCB）は、報告書「NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY STATUS & TRENDS - 2012」において、過去 6 年～13 年にわたる同国主要都市の大気汚染物質（PM10、NO2、SO2[4]）の濃度を掲載している（図 3）。ここでは、前記の 13 都市中 7 都市（デリー首都圏、パトナ、グワリオール、ライプル、ラクナウ、カーンプル、アラハバード）において、2000 年代半ばから 2010 年頃にかけて、PM10 の年間

[4] 二酸化窒素（NO2）、二酸化硫黄（SO2）は、いずれも自動車の排気ガスに多く含まれる汚染物質である。

平均濃度が急速に増加している傾向がみられ、CPCB はその主な原因として、「車両保有台数の増加」と「自然粉塵の増加」を挙げている。

■図 3　デリー首都圏における PM10、NO2、SO2 濃度の推移（単位：$\mu g/m^3$（年平均値））

出典：CPCB “NATIONAL AMBIENT AIR QUALITY STATUS & TRENDS - 2012”より転載

（2） 健康被害･企業への影響

大気中に浮遊するさまざまな粒子状物質のうち特に微小なものは主に人の呼吸器系に沈着して健康に悪影響を及ぼす。PM10 については 1987 年に米国で初めて環境基準が設定され、以降世界の多くの国・地域でも環境基準が設けられ、大気汚染指標として広く用いられている。PM2.5 は PM10 よりも小さな物質で、呼吸時に気管内のより深部まで到達するため、健康への悪影響がさらに大きいとされる。PM2.5 についても米国で 1997 年に初めて環境基準が設定されて以降、1990 年代後半から世界の多くの国・地域で大気汚染の指標として利用されている。

粒子状物質による健康被害としては、短期的には目・鼻・喉の刺激症状、咳・痰等に始まり、数ヶ月以上の長期にわたって同物質の濃度が高い環境にさらされると、呼吸器系疾患、循環器系疾患、これらの疾患の慢性化、肺がん等に繋がるおそれがある。

企業への影響としては、駐在員・帯同家族・出張者および現地社員の健康被害による欠勤率増加、企業の自主的な外出抑制による生産活動の低下や、モチベーションの低下等が考えられる。汚染が深刻な地域では、長期間にわたる外出抑制が必要なほどの汚染状態が続くこともあり、現地での事業展開への影響は避けられない。

（3） インド政府による対応状況

WHO はインドの大気汚染の要因について、電力需要の増加を背景とした石炭火力発電等の化石燃料への高依存、増加する自動車の排気ガス（特にディーゼル車や旧型車）等のほか、収穫後の稲・麦・サトウキビの残渣焼却、生物燃料（薪炭・牛糞）等の使用、道路や工事現場等で発生する粉塵を指摘している。

同国政府はこうした状況に対して従来よりさまざまな政策を実施している。大気汚染防止法（The Air (Prevention and Control of Pollution)Act）を 1981 年に制定、1987 年に改正し、2009 年には国家大気質基準（National Ambient Air Quality Standards：NAAQS）を改正し、PM2.5 および PM10 を含む 12 種類の汚染物質についての環境基準を定めた。なお、2013 年 3 月には、全国 224 都市、544 の観測地点における大気汚染状況のモニタリング[5]を実施した。また、ディーゼル車に高税率を課す等、自動車排ガス低減のためのさまざまな政策を実施しているほか、パンジャーブ、ハリヤナ（Haryana）、ウッタルプラデシュの 3 州を含むほとんどの州で収穫残渣の野焼きを法律で禁止している。

これらの対策により、近年汚染状況は改善傾向を示しているが、依然として抜本的な解決には至っておらず、例年、雨期が終わり気温が低下する時期（10 月～1 月頃）には、大都市近郊を中心に大気汚染が深刻化する傾向が続いている。

2. 企業に求められる対策

（1） 大気汚染状況に関する情報収集

まずは現地の大気汚染状況について正確な情報を収集し、状況を的確に把握することが肝要である。インドは国土が広く多様な自然環境を持つため、地域によって大気汚染の発生頻度・傾向が大きく異なる。また季節・気象条件によっても汚染状況は大きく変化する。以下のインターネットサイト等を活用し、適時、最新情報の収集を図ることが望まれる。

□ 在インド日本大使館等、在外公館サイト
- ➢ 在インド日本大使館　大気汚染関連情報（過去の注意喚起、講演会資料等）
  http://www.in.emb-japan.go.jp/Japanese/pollution_info.html

[5] 主な観測対象は、SO2、NO2、PM10 である。

□　各公的機関等が提供するリアルタイム汚染情報サイト等

- デリー準州政府汚染制御委員会（Delhi Pollution Control Committee : DPCC）によるリアルタイム大気質データ

  http://www.dpccairdata.com/dpccairdata/display/index.php

  デリー首都圏内の 6 カ所の観測点における PM2.5 および PM10 を含む大気汚染物質濃度の測定値がリアルタイムで表示される（表 3）。

■表 3　各観測点における測定値（2015 年 1 月 13 日午前 12 時 30 分、単位：μg/m^3）

観測点	PM2.5 インド基準(日平均)：60	PM10 インド基準(日平均)：100
アナンド・ビハール (Anand Vihar)	(測定値未公表)	(測定値未公表)
マンディア・マーグ (Mandir Marg)	247	285
パンジャビ・バック (Punjabi Bagh)	310	479
R.K. プラン (R.K. Puram)	304	382
インディラ・ガンディー 国際空港（IGI Airport）	(測定値未公表)	(測定値未公表)
シビル・ラインズ (Civil Lines)	(測定値未公表)	(測定値未公表)

出典：DPCC サイト　“REAL TIME AMBIENT AIR QUALITY DATA”をもとに弊社作成

- インド熱帯気象研究所（政府・地球科学省）大気質気象予測システム（SAFAR）

  ・デリー　http://safar.tropmet.res.in/

  ・プネー　http://pune.safar.tropmet.res.in/Home.aspx

  デリー首都圏内 10 カ所、プネー9 カ所の観測点における PM10、PM2.5 を含む大気汚染物質濃度の測定値および予測値が表示される（表 4）。

■表 4　SAFAR における大気質指数（AQI）[6]と健康への影響

大気質指数（AQI）と類別	PM2.5 日平均値 (μg/m^3)	健康への影響
Good（0-100）	0-60	影響なし
Moderate（101-200）	61-90	一部の高感受性者に影響の可能性
Poor (201-300)	91-210	高感受性者に影響の可能性
Very Poor(301-400)	211-252	注意報：全ての人に影響の可能性
V. Unhealthy (401-500)	253 ≦	緊急警報：全ての人に影響の可能性

出典：　SAFAR、在インド日本大使館資料をもとに弊社作成

[6] 大気質指数（空気質指数、Air Quality Index:AQI）は、米国・EU・中国等、複数の国・地域で採用されている大気汚染の程度を示す指標である。各国の環境担当行政機関が一般市民に対して発表しており、観測値のみならず予測値を発表する例もある。インドでは、SAFAR の他、前述の CPCB が異なる基準の AQI を発表している。

➢ 在インド米国大使館および各総領事館サイト
http://newdelhi.usembassy.gov/airqualitydataemb.html
デリー、ハイデラバード、コルカタ、チェンナイ、ムンバイの各都市における PM2.5 の観測結果が米国基準の大気質指数（AQI）で表示される。

➢ 中央環境汚染管理局（CPCB）リアルタイム大気質データ
http://www.cpcb.gov.in/CAAQM/mapPage/frmindiamap.aspx
全国の主要都市における大気汚染物質濃度の観測データが表示される。

（２） 健康被害を抑止・防止する対策

企業には、大気汚染による従業員の健康被害リスクを最小限に抑えるための対策が求められる。本社（人事部門等）としては、駐在員・帯同家族・出張者等に対して以下の対策を検討・実施し、現地法人においては、現地従業員に対して同様の対策を検討・実施する必要がある。

□ 大気汚染の状況を継続的にモニタリングし、汚染物質濃度が高い、または当局から汚染警報が発出された際は、不要不急の外出、屋外での長時間作業を控えるよう指示する。
□ 呼吸器系・循環器系疾患のある者、子供、高齢者等の「高感受性者」については、健常者が外出可能な汚染物質濃度であっても、外出を制限する等、さらに慎重な対応を求める。
□ 高機能マスク（N95 等の PM2.5 対応マスク）の配布を行い、外出時には着用を推奨する。また、適切な着用方法（サイズの選び方・装着法等）を指導する。
□ 外出先から帰宅・帰社した後の手洗いやうがいを徹底させる。
□ 屋内では可能な限り外気を遮断し、PM2.5 に対応する空気清浄機を使用する。空気清浄機は取扱説明書に従い、定期的にフィルターの清掃・交換を行う。
□ 自宅住居でも空気清浄機の使用を推奨し、必要に応じて購入支援制度の創設等を検討する。
□ 定期的に健康診断を実施する。診断時は、特に呼吸器系・循環器系検査を重点的に行う。
□ 駐在員・帯同家族・現地従業員のうち、高感受性者に関しては健康状況を定期的に申告させ、産業医等と相談し、必要に応じて転地・帰国等を検討する。

[2015 年 1 月 14 日発行]

東京海上日動リスクコンサルティング株式会社
ビジネスリスク事業部 海外危機管理情報チーム
〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1-2-1 東京海上日動ビル新館 8 階
Tel.03-5288-6500 Fax.03-5288-6625
http://www.tokiorisk.co.jp/